

Trípodos, número 22, Barcelona, 2008

# La ciència i la tècnica: cultura

Carles Perelló

**Carles Perelló** va estudiar enginyeria a Mèxic, on també treballà durant alguns anys en el muntatge de centrals termoelèctriques. Més tard, havent-se doctorat als Estats Units, féu recerca en matemàtiques. En particular s'ha interessat pels processos dinàmics que es poden modelar amb equacions diferencials i sobre aquest tema ha publicat diversos articles. Va incorporar-se a la Universitat Autònoma de Barcelona l'any 1972, d'on actualment és professor emèrit de matemàtiques.

*This article attempts to show, on the one hand, the importance that the knowledge of science and technology has in the development of a society, and on the other, how the combination of the explosive increase and the complication of both fields has left popular culture behind. An effort must be made to increase interest in science and technology, incorporating them into our culture. In that effort, not only must the educational system participate, but also the government and, above all, the media, which up to now has shown a total lack of interest.*

---

87

**KEY WORDS:** scientific and technological culture, science and society, scientific and technological knowledge.

**PARAULES CLAU:** cultura científica i tecnològica, ciència i societat, coneixement científic i tecnològic.

Com una teranyina  
La civilització t'envolta,  
Et captura.  
No saps on vas, però t'hi porta  
Sense arribar-hi mai.  
En el refec de situacions  
I persones  
Et distreus  
I creus.  
Creus que vius, que et realitzes,  
Que entens algunes coses.  
I ni tu ni ningú  
No sap el que fas.  
Potser no fas res.

## CIÈNCIA I TÈCNIQUES POPULARS

88

**E**n la vida de l'home primitiu hi havia molta por i molt mal viure: malalties, guerres, fam, desgràcies naturals. En poblacions molt primitives les explicacions del comportament del món passaven per donar la responsabilitat a poders sobrenaturals. De fet tampoc no cal ser massa primitius: les religions, tot just ara, comencen a no ser prevalents en algunes societats.

L'adquisició del coneixement de com funciona el món i la fabricació d'artefactes que fan la vida més satisfactòria, o simplement possible, s'ha anat desenvolupant en paral·lel al llarg dels segles.

Avui, tant la ciència com la tecnologia s'han complicat de tal manera que han sobrepassat la capacitat de la societat per entendre-les. És a dir, que la majoria de les persones viuen sense saber com funcionen les coses que utilitzen normalment, i sense entendre a què es deuen els fenòmens que observen.

Un repàs de l'estat dels coneixements científics i tecnològics en la nostra societat mostra el següent panorama.

Per a la mecànica habitual, de cossos rígids o gairebé rígids (elàstics i plàstics), i per a la hidràulica ja hi ha una certa intuïció i un cert coneixement, que permeten a les persones entendre les màquines simples i el comportament dels líquids. Forces i pressions ens són familiars, tot i que no sempre sabem resoldre els problemes que ens presenten.

Quan passem als gasos, amb les seves pressions, temperatu-

res, velocitats i altres complicacions, l'enteniment és molt més minso. Aquí els sentits no ens hi ajuden gaire. Cal saber quines són les relacions entre energia, temperatures i pressions, entre temperatura i humitat, entre pressió i velocitat, etc. I això les persones no acostumen a dominar-ho, encara que ho hagin estudiat a l'escola. En particular no entenen com funciona un motor de cotxe si no saben què fan els gasos als cilindres, ni com funciona una nevera, sense el coneixement de les relacions entre energia, temperatura i pressió en el circuit refrigerant. Tampoc no entenen per què es formen els núvols ni per què volen els avions.

L'electricitat sol ser un misteri. Podem saber que el corrent elèctric és degut al flux d'electrons pels cables i tenir idea de com funciona un circuit elèctric amb els seus conductors, interruptors i bombetes o altres càrregues, però poques persones saben com es genera o com es mou un motor. Tampoc no tenen gaire idea de com funcionen la ràdio, el televisor o el mòbil.

I no solament és cosa d'aparells: l'electricitat atmosfèrica, amb els seus llamps, o bé les ones electromagnètiques, responsables de la transmissió entre antenes de ràdios, televisors i mòbils, del cuinat dels aliments en els forns de microones i dels raigs X, són un misteri que es presta a les especulacions més foragitades.

89

I què hem de dir de les noves tecnologies? El principi amb què funcionen els ordinadors és desconegut, i encara ho és més com a partir d'aquests principis es poden fabricar els aparells.

Pel que fa a la química i a la biologia, gairebé tot és un misteri. Sabem que hi ha molècules i reaccions entre diferents compostos. I poca cosa més. I no parlem ja dels productes farmacèutics, que ens aboquen a la qüestió del funcionament del nostre cos. I en aquest darrer punt s'ha desenvolupat un pseudoconeixement ingent, precisament a causa de la falta de coneixement científic.

## LA CIÈNCIA

Certament la base de l'explicació del funcionament dels aparells i dels fenòmens que observem rau en la ciència.

El coneixement científic pretén entendre d'una manera racional el comportament del que ens envolta. Aquest coneixement va des del que adquirim a través de la nostra experiència vital fins al que ens aporten els darrers avenços de la recerca científica.

Podem considerar la ciència com un retrat fet pel col·lectiu humà de com funciona el món. Retrat o model, com vulgueu. És un model racional: de l'experiència s'han destil·lat uns principis

bàsics, dels quals es dedueix racionalment el comportament del que ens interessa.

La sola possibilitat de fer aquest retrat, per incomplet que sigui, ja mostra que tant el món com la nostra ment estan brodats en el mateix teixit, és a dir, que tenen correspondències que permeten fer-lo. Sense una lògica en el comportament del món, de poc serviria la lògica de la ment. Això, unit a la possibilitat d'alterar algunes coses segons la nostra voluntat, fa de la ciència un factor de primera importància per al desenvolupament de la societat humana i per a la ubicació de l'individu en el món.

Què caracteritza la ciència, a més del fet de sorgir racionalment de l'experiència? Doncs, que l'encerta, en el sentit que permet fer prediccions que es compleixen d'una manera satisfactòria.

A vegades l'encert resulta ser tan sols aproximat. Per exemple, la física clàssica va prou bé, fora d'alguns aspectes en el reialme de la relativitat i de les partícules elementals.

L'èxit que ha tingut la ciència és impressionant. No hi ha fenomen natural d'importància, d'aquells que feien por als nostres avantpassats, que no creguem que es pugui explicar científicament: les malalties, el moviment dels astres, el llamp, la pluja, la reproducció, la mort, etc.

Algú dirà que la psicologia, els valors, els sentiments, s'escapen de la reducció científica, mentre que d'altres atribueixen a la seva complexitat el fet que encara no s'hagin aconseguit.

Encara n'hi ha d'altres que pensen que certes coses es troben fora del coneixement humà, ja sigui per limitacions dels sentits, ja sigui per limitacions de la ment. Potser l'evolució permetrà l'existència d'éssers amb més capacitats que podran observar i modelar més fenòmens.

## LA HISTÒRIA

En la història de la humanitat es fa difícil determinar el principi del pensament científic. El pensament màgic que associa causes i efectes, basant-se en similituds, ja és el principi de la ciència. El que fa que es torni ciència és l'èxit que aquestes associacions tinguin.

Com que sempre hi ha hagut associacions racionals exitoses, la ciència sempre hi ha tingut un lloc, encara que molt sovint en desavantatge respecte del pensament màgic, religiós o basat en teories poc fonamentades.

No deixa de ser un problema determinar si un cert coneixement és científic o no, d'acord amb la definició donada: "un

model racional que retrati el fenomen considerat". Potser el que dificulta la interpretació és la paraula *racional*. Calen, doncs, dues coses: que sigui l'explicació d'un fenomen i que sigui racional, és a dir, que el comportament es pugui deduir de les condicions donades utilitzant la raó, la lògica.

La humanitat del paleolític tenia ciència? Feien servir el coneixement adquirit a partir de l'experiència que tenien. Les eines auxiliars del pensament, com ara un llenguatge ric, una escriptura, una matemàtica, una teoria, una tecnologia, les tenien en un estat incipient.

Els mesopotamis extrapolaven les observacions dels astres per obtenir-ne les efemèrides. Els grecs tenien la seva geometria i la seva filosofia. Tenien una taxonomia dels animals i les plantes, i practicaven la medicina. Ptolemeu tenia un model del moviment dels planetes ben definit, a base de cicles i epicles. La seva "ciència", però, era descriptiva, més que no pas deductiva. Això xocava amb la seva matemàtica, que era totalment lògica i deductiva!

Jo diria que el primer científic, que basa les seves conclusions en una teoria i que utilitza "lleis" de la natura i el mètode deductiu per resoldre un problema del món real és Arquimedes, que dóna les condicions d'estabilitat de vaixells, tot fent el càlcul d'àrees i volums, centres de gravetat i forces implicats i aplicant el seu principi de la força que exerceix un líquid sobre un cos flotant. És una excepció.

Al final de l'Edat Mitjana, amb l'esperit emanat de Roger Bacon i continuat per Francis Bacon en el Renaixement, es tendeix a explicar el comportament a partir de l'experimentació. En particular, Galileu es destaca com un dels primers a fer experiments per entendre la caiguda dels cossos, i a fer observacions astronòmiques que van portar a una visió més realista del sistema solar. Tot i això, manca la teoria.

Potser el primer exemple de ciència en estat pur, el dóna Newton a final del segle XVIII, amb les seves lleis de la dinàmica, que li permeten explicar i predir el moviment dels planetes.

A partir de llavors, la ciència va arrencar el vol. La ciència i la tècnica van eclosionar. Va ser una vertadera explosió. Van començar a sorgir "coneixements", que van ser guiats per les tècniques, produint la revolució industrial i la majoria dels camps científics que s'han cultivat.

En la física, amb la mecànica, els medis continus, la termodinàmica, l'electromagnetisme, es pensava que ja es coneixia l'essencial. Els seus efectes sobre la tecnologia i sobre la societat van

ser palesos. La navegació a vapor, la radiotelegrafia, els raigs X, el tren, l'automòbil, la fotografia, la ràdio.

En la química, el coneixement dels elements i de les seves combinacions va donar a conèixer la composició de la matèria, obtenint nous compostos i tota una indústria.

En la biologia, el coneixement del funcionament del cos humà va permetre l'avenç de la medicina. La teoria de l'evolució i la genètica mendeliana van explicar l'origen de l'home i el mecanisme de permanència com a espècie dels éssers vius. La psicologia i la sociologia es van atrevir a dir-hi la seva, encara que amb grans dificultats, a causa de la seva complexitat i allunyament dels coneixements més elementals.

El coneixement científic va anar contribuint a fer desaparèixer algunes de les pors i enigmes imperants en la humanitat antiga. Es van anar entenent les estacions, la nit i el dia, la pluja, el llamp. Es va anar entenent el moviment dels cossos, la resistència dels materials, l'ús de l'energia com a força motriu, la calor i l'electricitat, i les malalties.

Va haver-hi societats, com les del nord d'Europa o la nord-americana, on la ciència es va desenvolupar ràpidament, i això va provocar que els invents, la gran indústria amb les seves màquines, els vaixells, els trens, es produïssin als països que s'havien espavilat en el coneixement de la ciència.

És així com les universitats, en les quals fins llavors només s'havia estudiat teologia, dret i medicina, es preocupen de la ciència. I és així com neixen escoles industrials que aprofiten el coneixement científic per fer avançar la tecnologia. Hi ha una correlació clara entre els països amb universitats poderoses i els països amb economies poderoses.

Al llarg del segle XX va desenvolupar-se un gavadal de nous coneixements. Entre aquests, el coneixement de la constitució de la matèria, el coneixement del funcionament del nostre cos, etc., tot això sota el guiatge d'una nova instrumentació, que perllonga els sentits humans en el microcosmos i en el macrocosmos. I no parlem ja del món de les tecnologies de la informació i de la comunicació.

Fa cent anys es tenia confiança en el fet que es podria obtenir un coneixement complet del comportament del món. Que si algun problema no es podria resoldre seria per causa de la seva complexitat tècnica i no pas per mancances de la teoria. Aquesta confiança s'ha vist sacsejada el darrer segle pels enigmes que presenten la física quàntica, la cosmologia, la psicologia...

## LA CIÈNCIA EN LA SOCIETAT

Tenir un model racional que expliqui amb èxit els fenòmens que ens envolten causa una sensació de confiança i fa allunyar la por envers el desconegut. Deixant de banda la possible satisfacció personal que comporta el coneixement, hi ha el fet que la ciència arrossega la tecnologia, i la tecnologia arrossega la qualitat de vida.

Si ja hem acceptat que el progrés de la qualitat de vida associat al progrés econòmic, i aquest associat a la competència entre societats per aconseguir els recursos (escassos) existents, depèn del nivell de la ciència (i la tecnologia), sembla, doncs, que una de les coses que podem fer per competir en la cursa per incrementar la nostra qualitat de vida, tant econòmicament com culturalment, és ampliar el nostre coneixement científic. I per ampliar el coneixement científic, el que cal és que la societat hi estigui interessada, que el jovent hi estigui interessat. Considerem els aspectes següents:

—Qui té coneixement científic entén millor el món que l'envolta i pot emprendre accions adequades a cada situació.

—Qui té coneixement pot prendre posicions respecte de qüestions d'importància, com ara l'efecte de les ones electromagnètiques sobre l'organisme humà, les medicines alternatives, l'energia nuclear, la climatització de la casa, el canvi climàtic.

—El coneixement científic es troba en la base de la tecnologia, amb el benefici que això pot comportar a la vida individual i social.

—Conèixer com funciona el món pot servir per canviar-lo, d'acord amb una sèrie de propòsits que ara ni imaginem.

---

 93

Tal com ens trobem ara, observem que la societat ja no està dividida tan sols entre rics i pobres o entre dominadors i dominats, sinó també entre coneixedors i desconeixedors. Coneixedors de què? Doncs de com funciona el món. De com funciona a tots nivells.

La ciència s'ha distanciat de l'experiència quotidiana i està en mans d'especialistes. Com que no és gens senzill obtenir un bon coneixement científic i com que tampoc no és indispensable per a la majoria de les nostres activitats, doncs ens en desentenem i adquirim altres interessos.

## L'ADQUISICIÓ DELS CONEIXEMENTS CIENTÍFIC I TECNOLÒGIC

Aprendre la ciència és un procés constructiu. Aprenem sobre el que ja sabem. Hem de començar amb coses elementals,

que no necessitin gaire eines, com ara les matemàtiques, i que a mesura que es van posseint serveixen de base per tirar més amunt.

Aquests fets elementals, per altra banda, no són gens senzills de conèixer. El coneixement científic, o bé depèn del fet d'estudiar un munt de casos i correlacionar-los o bé del coneixement de les eines matemàtiques i de les teories que s'han bastit per explicar les observacions, una feina ingent que només es pot abordar si hi ha prou interès o prou conducció.

En l'ensenyament obligatori es proveeix l'estudiant de la base inicial sobre la qual s'ha d'erigir el coneixement posterior de ciència i tecnologia. Una part important de la formació és despertar l'interès dels estudiants. Sembla que això no és fàcil i, si no s'aconsegueix, resulta que, per una banda, l'estudiant no s'anima a continuar estudis superiors i, per l'altra, els coneixements no li queden fixats.

La ciència i la tecnologia s'han anat incrementant i compllicant, sobretot en el darrer segle, i cada vegada resulta més difícil entendre-les; cada vegada som més relativament ignorants de com funciona el que ens envolta, i requerim més esforç per no quedar bandejats de la cultura científica. A qui vulgui cultivar la ciència no li queda més remei que especialitzar-se.

94

Però no tot són els estudis reglats. Hi ha la família, els amics i els companys. Hi ha els mitjans de comunicació de masses: la premsa, la ràdio, la televisió.

Molta part del coneixement l'adoptem perquè s'adiu, d'alguna manera, amb el que ja sabem o perquè ens és útil. La nostra experiència i la nostra capacitat mental, limitades com són, no ens permeten de reconstruir tot el camí que hem fet per obtenir-lo, fins i tot dins de camps força limitats. No podem ser testimonis de les observacions i els experiments que s'han fet ni podem pretendre seguir els raonaments que porten a un coneixement específic. Ens apuntem al que ens diuen, al que ens ensenyen si s'adapta al que ja sabem. Hem de distingir això del dogma, en el qual les afirmacions no responen a explicacions racionals que estiguin d'acord amb la nostra experiència.

En l'actualitat, l'interès generalitzat per la ciència està molt adormit en la nostra societat. A més, l'interès per altres camps, com ara les modes, els espectacles o els esports, l'absorbeixen. La manca d'interès no solament fa que la majoria de la gent no tinguï cap explicació de com passen les coses, sinó també que els estudis científics i tècnics pateixin una davallada de demanda, amb les conseqüències que això té per a la provisió de gent preparada.

La ciència està a l'abast de qui pugui estudiar-la. És compli-



cada, pot necessitar matemàtiques, però no té cap camp inabastable per a qui s'hi posi.

## CIÈNCIA I CULTURA

El que cal és que la ciència i la tecnologia siguin considerades cultura. Que la cultura no és tan sols art i espectacle, història i literatura. Que per estar més de gust en aquest món cal també entendre'l una miqueta.

La idea de Darwin sobre com evolucionen els éssers vius arriba a la gent del carrer, produint un canvi fort en la manera de veure el món i de veure'ns nosaltres mateixos. No fa pas gaire que, en adonar-se'n, l'Església no permetia, ni permet encara en alguns llocs, l'ensenyament de la teoria de l'evolució, tal com abans no havia acceptat que la Terra no era el centre de l'univers. I és que les implicacions són serioses: tal com apareix ara el món, no s'ha fet per a l'home, que es torna una baula més de la cadena evolutiva.

L'home se'ns torna, cada dia més, un animal, del qual anem coneixent que la seva manera de funcionar és anàloga a la dels seus companys d'evolució. La diferència es troba sobretot en l'ús de la ment, que en la humanitat sembla haver fet un canvi qualitatiu del tot important. No hi ha dubte que aquesta constatació canvia la nostra manera de veure'ns.

El coneixement científic ha anat incrementant-se en alguns sectors de la nostra societat (al mateix temps que ha anat creixent la complicació que ens envolta). Tot i això, la ciència, avui, no és considerada cultura en el nostre medi. Sembla, cada dia més, una nosa, responsable de les dificultats que patim: el canvi climàtic, la destrucció de la capa d'ozó, la pol·lució ambiental, etc.

Ens cal una cultura científica per entendre què passa: no podem continuar bandejant les línies de transport d'electricitat perquè són dolentes per a la salut, ni podem bandejar els avenços tecnològics sense entendre-hi ni un borrall. La ignorància de com funcionen les coses ens fa moltes vegades injustos davant una situació tècnica.

## EL PAPER DELS MITJANS DE COMUNICACIÓ

Per això, tant a casa, com a l'escola, com en els mitjans, s'han de tractar els temes fonamentals. En els mitjans de comunicació en particular, s'ha de prestigiar la ciència i situar-la dins l'apartat de cultura, com una part fonamental de la cultura. No esta-

ria malament que abundessin, en la televisió i en els diaris, articles de gent coneixedora sobre la ciència i la tècnica i que no haguéssim de patir les confusions habituals dels articulistes quan tracten aquestes qüestions.

La premsa, en particular, mostra, ja no solament una manca d'interès per la ciència, sinó també una falta de respecte. Per començar, no la considera cultura; de fet, no la considera. De tant en tant dóna alguna notícia d'una recerca científica, en general amb molt poca precisió. D'una manera més sovintejada, en canvi, es publiquen notícies per informar sobre conseqüències negatives de la ciència i la tecnologia; una mica més per alarmar que no pas per informar. Per exemple: utilitza el tema del canvi climàtic per omplir de preocupació la gent i sense articles seriosos sobre com funciona el clima.

Darrerament hi ha hagut problemes amb el subministrament elèctric a Catalunya; les línies de molt alta tensió i les apagades massives. En els mitjans de comunicació no hi ha cap informació seriosa que expliqui per què calen o no les línies d'alta tensió, quin efecte tenen sobre la salut de la gent i sobre l'ecosistema. Tampoc no informen de com funciona la xarxa de subministrament elèctric. En un diari trobo l'explicació, suposadament tècnica, del que va provocar l'apagada, una explicació que resulta surrealista i demostra que el periodista no té ni idea del que està escrivint. En els articles que tracten sobre el sistema elèctric, es confon la potència amb l'energia i amb el voltatge, és a dir, els quilowatts amb els quilowatts-hora (a vegades posen quilowatts per hora!); amb els quilowatts i amb els quilovolts. Aquesta mena de notícies hauria d'escriure-les algú que hi entengués.

Som tan lluny d'entendre què depèn de què, que la premsa va donar la notícia que un llamp havia matat una persona en un càmping perquè tenia el mòbil sota el coixí, sense cap altre comentari. Cert, els mòbils són màgics!

Trobo una notícia en un magazín que tracta de lleure i teràpies "naturals", on es diu que en el punt més calent de la Terra "s'hi pot arribar a generar la calor de 1.500 sols concentrada en un sol punt" [sic].

Els nostres diaris tenen una secció de cultura i espectacles. No en tenen cap de ciència i tecnologia, ja que es veu que no formen part de la cultura. És més fàcil que els diaris publiquin una entrevista de dues planes a un literat o a un artista que no pas a un científic o a un enginyer. Potser perquè es pensa que als primers els entenem i als altres no, o perquè els primers ens interessen i els

altres no. Quan es publiquen notícies científiques o tècniques, no és per il·lustrar el lector en el rerefons científic, sinó per mostrar suposats nous avenços, sense explicar les seves bases científiques o bé per mostrar les seves conseqüències, en general nefastes.

En un dels diaris amb més difusió internacional, prenent un dia a l'atzar, trobem les notícies següents:

Tecnologia:

- Nokia assenyala una aposta estratègica.
- EBay revisa les seves ambicions per Skype.
- Yahoo en una entesa de quinze nacions per cerca en cel·lulars.
- El *Financial Times* permetrà un accés més lliure al seu web.
- A Starbucks, cançons de gratificació instantània.
- Un servei ajuda els amics a compartir els seus descobriments on line.
- Emmagatzemant fitxers a Internet, a l'estil Microsoft.
- Són grans a la pell, no pregnància.

Ciència:

- La ciutat està d'acord a regular el riu Delaware.
- El gènere del doctor pot ser un factor en la diagnosi de malalties del cor.
- Ajutant el cervell a ocupar-se del dolor.
- Proves prematures per al colesterol.
- Trist futur per als óssos polars.
- La puja de l'etanol s'atura perquè l'excés de producció fa caure els preus.
- L'exoneració fent servir l'ADN comporta canvis en el sistema legal.

Potser és millor no posar cap notícia sota el rètol de ciència i tecnologia!

De fet, seria del tot útil que coneixedors de la ciència i la tècnica escrivissin articles en els diaris o fossin entrevistats per la ràdio o la televisió, amb la intenció, no ja d'espantar i fer veure com és de fosca i complicada la ciència, sinó tot al contrari, que la ciència aporta llum per entendre coses.

Això que dic no és trivial. No podem deixar que els *media*, quan tractin la cultura, parlin tan sols de les qüestions de moda, esports o espectacles.

Hem de despertar l'interès pel coneixement del món, si no volem ser una societat sense un ancoratge fort en el camp del saber.